



TMMOB ÇEVRE MÜHENDİSLERİ ODASI
2 ULUSAL ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ KONGRESİ
İstanbul, 4-5 Aralık 1997

TÜRKİYE'DE EMİSYON ENVANTERLERİNİN HAZIRLANMASINA YÖNELİK BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Tolga ELBİR

Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
Tınaztepe Kampüsü, Buca/İZMİR

Tel : (232) 4531129 – 4531143 /1133 (dahili)

Fax : (232) 4531150

E-mail : telbir@izmir.eng.deu.edu.tr

ÖZET : Bu çalışmada, öncelikle hemen hemen tamamı Avrupa'da faaliyet gösteren büyük ve önemli organizasyonlar ve/veya proje grupları tarafından hazırlanan ve halen hazırlanmakta olan emisyon envanterleri incelenmiştir. Örnek olarak incelenen bu envanterlerden, bir emisyon envanterinin sahip olması gereken temel özellikler çıkarılmış ve bu özelliklerden yola çıkarak bir emisyon envanterinin nasıl hazırlanması gerektiğini gösteren genel bir yöntem önerilmiştir. Aynı zamanda, elde edilen tüm bu bulgular Türkiye için hazırlanan ulusal bir emisyon envanteri üzerinde incelenmiş ve Türkiye'de halen devam eden çeşitli emisyon envanteri hazırlama çalışmalarını ile birlikte bu çalışmaların geleceğine yön gösterebilecek tavsiyelerde bulunulmuştur.

ANAHTAR KELİMELELER : Emisyon, Emisyon Envanteri, Emisyon Faktörü

A METHOD SUGGESTION FOR PREPARATION OF EMISSION INVENTORIES IN TURKEY

ABSTRACT : In this study, firstly, the emission inventories prepared by major organizations and/or project groups in Europe are examined. Then, basic parameters of an emission inventory are obtained from these inventories and a general method is suggested to guide how an emission inventory should be prepared by using these parameters. Finally, all results obtained from these searches are applied for a national emission inventory prepared in Turkey and some advises are listed for the current emission inventory studies in Turkey and their future.

KEYWORDS : Emission, Emission Inventory, Emission Factor

GİRİŞ

Tarih boyunca toplumların bir araya gelerek kentleşmesi çok sayıda çevresel sorunu beraberinde getirmiştir. Başlangıçta su, hava ve toprak ortamında kendini gösteren bu sorunlar gün geçtikçe çeşitlenerek insanlar için daha tehlikeli boyutlara ulaşmış ve çözümleri için daha çok çaba sarfedilir hale gelinmiştir. Bu süreçte hava kirliliği sözü edilen çevresel problemlerin devamlı en başında gelmiş ve günümüzde bilim dünyası için başlı başına bir çalışma alanı olarak kendini göstermiştir.

Hava kirliliğinin belirlenmesi ve kontrolünde, kirlenici türlerinin ve bunların emisyonlarının bilinmesi gereklidir. Kirlenici kaynakların atmosfere verdiği kirlenici miktarı olarak tanımlanan *emisyon*; atmosferdeki kimyasal reaksiyonlar, meteorolojik ve topoğrafik koşullar gibi dış etkenlerle çabuk etkilenir. Sözkonusu bu ve benzeri etkenler dikkate alındığında, hava kirlenici emisyonların bir bölgede sistematik olarak toplanması ve değerlendirilmesine *emisyon envanteri* adı verilir. Emisyon envanterlerinin temelini genelde kirlenici kaynaklar ve bunların neden olduğu kirlilik miktarları oluşturur. Kirlilik miktarları belirlenirken kirlenici kaynağa ait bazı bilgilerden faydalanılır. Örneğin bu bilgiler; kirlenici kaynakların sayısı, coğrafi dağılımı, proses türü, hammadde türü, yakıt sarfiyatı, kullandığı hava kirliliği kontrol teknolojisi, vb. gibi bilgiler olabilir.

Emisyon envanteri hazırlama çalışmaları genellikle farklı üç ölçekdeki bölgelerde gerçekleştirilen uzun vadeli çalışmalardır. Bu ölçekler global, bölgesel ve yerel ölçek olarak anılırlar. Global ölçekte hazırlanan emisyon envanterleri, genellikle bir kaç ülkeyi veya bir kıtayı içine alacak kadar büyük coğrafi alanları kapsarlar. Bölgesel ölçekteki emisyon envanterleri, adlarından da anlaşılacağı gibi genellikle hava kirliliği potansiyeli bakımından önemli bir bölgeyi, hatta tüm bir ülkeyi kapsayabilen envanterlerdir. Emisyon envanterleri için en küçük ölçek ise yerel ölçektir ve genellikle küçük endüstriyel alanları veya kentleri kapsar.

Emisyon envanterlerinde emisyonların tespiti üç yöntem ile yapılır. Bunlar; yerinde ölçüm, madde dengesi ve emisyon faktörü methodlarıdır. Ölçüm metodu, gelişmiş ekipman ve yüksek maliyet gerektirdiğinden pratikte her zaman mümkün olmayabilir. Özellikle ülkemizdeki ekipman ve deneyimli eleman sayısı dikkate alındığında, her kirlenici kaynaktan birebir ölçüm yapmak imkansız gibidir. Bu durumlarda kullanılacak en iyi yöntem emisyon faktörleridir. Kirlenici kaynağın birim faaliyeti başına havaya verdiği kirlenici miktarı olarak anılan *emisyon faktörü*, her ne kadar madde dengesi yöntemini esas alsada bir takım hazır rakamlardan ibaret olması kullanımını diğer yöntemlere oranla üstün ve kolay kılar. Emisyon faktörü üretmek çok zor ve zahmetli bir çalışma olduğu kadar yüksek teknoloji de gerektiren bir çalışmadır. Bu yüzden günümüzdeki çoğu emisyon envanteri hazırlama çalışmasında, hazır emisyon faktörü veri tabanlarının kullanılması yoluna gidilmektedir.

Emisyon envanterleri sürekli güncel tutulan çalışmalardır. Yeni veriler elde edildikçe, mevcut envantere hemen ilave edilir ve envanter bu son değişikliğe göre yeniden düzenlenir. Aksi takdirde envanter zaten kısa bir süre içinde geçerliliğini kendi kendine kaybedecektir.

MEVCUT ÇALIŞMALAR

Günümüzde, gerek Avrupa'da gerekse ülkemizde farklı amaçlarla hazırlanmış ve halen hazırlanmakta olan çok sayıda emisyon envanteri mevcuttur. Genellikle Avrupa'da faaliyet gösteren büyük

organizasyonlar veya araştırma grupları tarafından hazırlanan bu envanterlerden belli başlıları aşağıda ayrı ayrı incelenmiştir

A. Avrupa'daki Çalışmalar

Avrupa'nın çeşitli yerlerinde bir süredir farklı ulusal/uluslararası proje grupları tarafından değişik ölçeklerde emisyon envanteri hazırlama çalışmaları tamamlanmış ve bunların bir kısmına halen devam edilmektedir. Bunların başlıcaları, OECD-MAP, CEC-CORINAIR, CEC-DGX1, IIASA-CEI'88, TNO-LOTOS, PHOXA, ECE-EMEP, OECD-IPCC ve EUROTRAC/GENEMIS emisyon envanterleridir (Elbir, 1997). Aşağıda bu envanterlerden bazılarının hazırlanış amaçları ve içerikleri hakkında kısa bilgiler verilmeye çalışılmıştır.

• OECD-MAP

OECD (Organization for Economic Co-operation and Development), 1979 yılında "Önemli Hava Kirleticilerin Kontrolü (Control of Major Air Pollutants-MAP)" isimli bir projeye başladı. Proje hazırlanırken üç ana amacı vardı. Bunlar;

- a) Projeye üye ülkelerin emisyon envanterlerinin hazırlanması
- b) SO₂, NO_x, VOC ve bazı ikincil kirleticilerin atmosferdeki taşınımlarının belirlenmesi
- c) Emisyon azaltma tekniklerinin geliştirilmesi ve maliyetlerinin belirlenmesi

12 OECD üyesi ülkenin (Avusturya, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, İtalya, Hollanda, Norveç, Portekiz, İsveç, İsviçre ve İngiltere) katılımıyla gerçekleşen bu projede emisyonların tahmini için tüm üye ülkeler tarafından ortak bir method kullanıldı. Bu methoda göre; emisyonların tahmininde sabit emisyon faktörlerinin kullanılması, proje kapsamında incelenecek olan kimyasal türlerinin (SO₂, NO_x, VOC) aynı olması, kirleticiler kaynak türlerinin (SO₂ için termik santral, sanayi, evsel ısınma; NO_x için trafik, termik santral, sanayi; VOC için orman, trafik, solvent kullanımı) aynı olması ve emisyonların dağıtıldığı coğrafi grid sisteminin (50*50 km) aynı olması esas alındı (EEA, 1996).

Proje sonunda elde edilen sonuçlar, tüm üye ülkeler için ayrı ayrı her bir kirleticiler parametre ve kirleticiler kaynak bazında detaylı olarak sunuldu.

• CEC-CORINAIR

1985 yılında Avrupa Topluluğu Komisyonu (Commission of European Communities, CEC) tarafından, topluluğa üye ülkeler arasındaki çevresel sorunların çözümleri konusunda işbirliğini öngören CORINE isimli bir proje başlatıldı. Farklı çevresel ortamlar için ayrı alt projeler içeren programın, sadece emisyon envanterlerinin hazırlanmasına yönelik CORINAIR isimli bir alt projesi de bulunmaktaydı. Başlangıçta CORINAIR projesinin iki ana amacı vardı:

- a) Başka proje grupları tarafından önceleri hazırlanan emisyon envanterlerinin esas alınarak geliştirilmesi
- b) Bu envanterlerin tüm üye ülkeler tarafından uygulanacak ortak bir yöntem ile güncelleştirilmesi ve düzenlenmesi

Çoğunluğu Avrupa'da olmak üzere yaklaşık 30 kadar farklı ülke tarafından uygulanan bu yöntemle göre başlangıçta; çalışmanın referans yılının 1985 olması, incelenen kirleticilerin SO₂, NO_x ve VOC ile sınırlı kalması ve emisyonların 8 kirleticili kaynak bazında (yakma tesisleri, rafineriler, sanayiler, sanayi prosesleri, solvent kullanımı, trafik, doğa ve diğer) hesaplanması planlandı. Ayrıca yeni bir kirleticili kaynak kod sistemi ile yeni emisyon faktörü veri tabanı oluşturulması da kararlaştırıldı (CEC, 1991)

1990 yılında tekrar düzenlenen projede, kirleticili kaynak sayısı tarım, atık arıtımı ve yakıt temini kategorilerinin eklenmesiyle 8'den 11'e çıkarıldı. Kirleticilerde aynı şekilde NH₃, CO, CH₄, N₂O ve CO₂ 'in ilave edilmesiyle 3'ten 8'e arttırıldı

Bu çalışma boyunca elde edilen tüm sonuçlar, 1995 yılında yayınlanan bir raporda detaylı olarak sunuldu. Raporda Avrupa için toplam emisyonlar verildiği gibi Avrupa'daki her km² alan başına veya Avrupa'da yaşayan her kişi başına düşen emisyonlar gibi ayrıntılı sonuçlar da verildi

• ECE-EMEP

Avrupa'da hava kirleticilerin uzun mesafeli taşınımalarının izlenmesi ve değerlendirilmesi amacıyla düzenlenen EMEP programı kapsamında, özellikle emisyon envanteri hazırlama teknikleri konusunda günümüze kadar çok sayıda toplantı düzenlendi. Genelde bu toplantıların amacı, başlıca SO_x, NO_x, NMVOCs, CH₄, NH₃ ve CO gibi kirleticili emisyonlarının tahminine ve analizine yönelik method geliştirmektir. Her toplantı sonunda alınan kararlar, araştırmacılara yol göstermek amacıyla klavuz kitapçıklar halinde yayınlandı. Bu kararların özetle ifade ettiği, program kapsamında üyelerin emisyonlarını toplam değerler olarak hesaplamaları gerektiği ve en az CORINAIR emisyon envanterinin içerdiği 11 kirleticili kaynak türünü dikkate almalarının gerektiğidir (EEA, 1996). İngiltere'nin liderliği, özellikle Almanya ve tüm Avrupa Topluluğu üyesi ülkelerin desteğinde gerçekleşen bu program kapsamında elde edilen sonuçlar detaylı olarak bilim dünyasına sunulmuş bulunmaktadır

• EUROTRAC/GENEMIS

EUROTRAC çevresel bir Eureka projesi olup, Avrupa üzerindeki troposfer tabakasının insan faaliyetlerinden nasıl etkilendiğini incelemek amacıyla hazırlanmıştır. EUROTRAC farklı amaçlar için düşünülmüş çok sayıda alt proje içermektedir. Bunlardan birisi olan GENEMIS projesi, Avrupa'da bir emisyon envanteri veri bankası oluşturulması ve bu bankada toplanacak verilerin diğer bir alt projesinde kullanılan hava kalitesi dağılım modeline girdi olarak hazırlanması amacıyla düşünülmüştür (EUROTRAC, 1991)

GENEMIS projesinin içeriğine bakıldığında diğer envanter çalışmalarından çok farklı olmadığı rahatlıkla görülebilir. Başlangıçta bu projede de bazı CORINAIR emisyon envanteri parametreleri (özellikle emisyon faktörleri) esas alınmıştır. Dört kirleticili kaynak (sanayi, evsel ısınma, trafik ve enerji üretimi) ve dört kirleticili (SO_x, NO_x, VOC, CO) bazında hazırlanan envanterde emisyonlar hem geçmiş yıllar (1985, 1990) hem de gelecek yıllar (1995, 2000, 2005) için hesaplanmıştır

Hemen hemen tüm Avrupa ülkelerinin üye olduğu bu projeye Türkiye de üyedir Türkiye bu proje kapsamında detaylı bir ulusal emisyon envanteri hazırlanmıştır Bu envanter aşağıda Türkiye’de gerçekleştirilen çalışmalara örnek olarak anlatılmıştır

B. Türkiye’deki Çalışmalar

Türkiye’deki bazı üniversiteler tarafından, Avrupa’dakiler kadar ayrıntılı olmasada benzeri emisyon envanteri hazırlama çalışmaları gerek yerel gerekse bölgesel ölçeklerde gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmalar içinde Dokuz Eylül Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü tarafından EUROTRAC/GENEMIS projesi kapsamında hazırlanan ulusal emisyon envanteri en detaylı çalışmalardan birisidir Tüm ülke çapında hazırlanan bu envanter dört tane temel kirletici sektörü içermektedir Türkiye için önemli olan bu sektörler; evsel ısınma, sanayi, enerji üretimi ve ulaşımdır Çalışmada emisyonların bu dört sektörde kullanılan yakıtlardan kaynaklandığı kabul edilmiştir Sadece sanayi sektöründe yakıt tüketiminden kaynaklanan emisyonların yanında proses esnasında oluşan emisyonlar da dikkate alınmıştır Tüm emisyonlar beş kirletici parametre (PM, SO_x, NO_x, VOC, CO) bazında beş yıllık periyotlar (1985, 1990, 1995, 2000, 2005) için hesaplanmıştır (Elbir, 1997)

Envanter kapsamında kullanılan ham veriler, istatistik bilgileri olup tamamı resmi kurumlardan temin edilmiştir Bunların belli başlıları sayılacak olursa; dört kirletici sektördeki yakıt tüketimleri Enerji Bakanlığı’nın istatistiklerinden, çeşitli sanayi dallarının üretim kapasitesi verileri ise Devlet İstatistik Enstitüsü istatistiklerinden temin edilmiştir.

Çalışmada emisyonların tahmini için izlenen yol emisyon faktörlerinin kullanımudur Çalışma kapsamında kullanılan emisyon faktörleri iki büyük veri bankasından alınmıştır Avrupa’da hazırlanan Corinair emisyon faktörleri bu veri bankalarından birisi olup, çalışmada en çok kullanılan veri bankası konumundadır Diğer faydalanılan veri bankası ABD ‘de hazırlanan EPA emisyon faktörleri veri tabanıdır

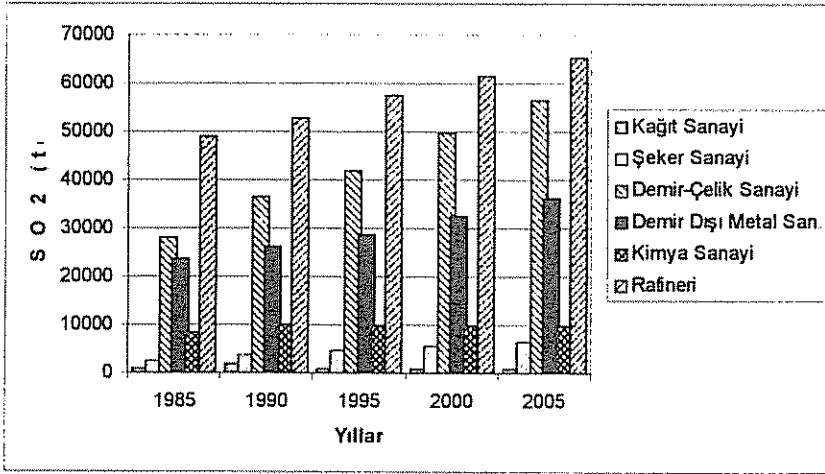
Çalışma sonunda elde edilen sonuçlar toplam ve her bir kirletici sektör bazında ayrıntılı olarak sunulmuştur Aşağıda verilen örnek tablo ve şekillerde bu ayrıntı gösterilmeye çalışılmıştır Buna göre Tablo 1 ‘de Türkiye’nin farklı beş yıldaki toplam emisyonları, Tablo 2 ‘de Türkiye’nin 2000 yılı sektörel emisyonları, Şekil 1 ‘de ise farklı sanayi dallarının sahip olduğu SO₂ emisyonları gösterilmiştir (Elbir, 1997).

Tablo 1. Farklı beş yılda Türkiye’nin toplam emisyonları, ton/yıl

Yıllar	PM	SO _x	NO _x	VOC	CO
1985	4 374 314	2 024 038	452 928	387 948	881 697
1990	4 932 347	2 560 088	640 244	432 950	1 378 372
1995	5 957 556	2 978 326	727 417	428 719	1 567 469
2000	6 974 196	3 501 711	844 887	448 495	1 821 720
2005	7 963 148	4 002 879	974 094	471 106	2 091 610

Tablo 2. 2000 yılında Türkiye'nin sektörel emisyonları, ton/yıl

Sektörler	PM	SO _x	NO _x	VOC	CO
Evsel Isınma	2 957 055	672 690	28 389	54 748	20 425
Sanayi-Yakıt	2 273 018	643 442	44 965	4427	20 795
Sanayi-Proses	412 208	165 876	68 348	254 987	670 515
Enerji Üretimi	1 137 982	2 027 779	106 493	12 541	48 337
Ulaşım	23 387	-----	215 946	160 289	1 101 740
TOPLAM	6 803 650	3 457 065	464 141	486 992	1 861 812



Şekil 1. Farklı sanayi dallarının beş yıl bazında SO₂ emisyonları, ton/yıl

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

A. Sonuçlar

Yukarıda anlatılan emisyon envanterleri dikkatlice incelendiğinde, bir emisyon envanteri hazırlama çalışmasının genellikle dört basamaktan oluştuğu görülmektedir (Elbir, 1997) Bu basamaklar sırasıyla :

- 1) **Planlama** : Tüm planlama işlerinin gerçekleştiği bu aşamada, çalışmayı gerçekleştirecek olan araştırmacı kurum veya kişi öncelikle envanteri hangi amaçla hazırlayacağına karar verir Karardan sonra çalışmanın amacına bağlı olarak envanterin kapsayacağı coğrafi alan, içereceği kirletici ve kirletici kaynak türleri belirlenir Elde edinilen sonuçların nasıl kullanılacağı ve hangi düzende sunulacağı da bu aşamada planlanmalıdır
- 2) **Veri Toplama** : Emisyon envanterlerinin kalitesi, kirletici kaynaklar hakkında toplanan bilgilerin miktarı ile doğru orantılıdır Bu yüzden, envanter çalışmalarında kirletici kaynaklar hakkında mümkün olduğunca çok ve detaylı bilgi toplanmalıdır Bilindiği gibi emisyon envanterlerinde kirletici kaynaklar üç sınıfa ayrılırlar : noktasal (genellikle sanayiler), alansal (genellikle evsel ısınma) ve çizgisel kaynaklar (trafik) Her kirletici kaynak türünün kendine has farklı bilgi çeşidi vardır Örneğin noktasal kaynaklar için yakıt tüketimi, üretim türü, çalışma süresi, baca yüksekliği, vb gibi bilgiler önemliken, çizgisel kaynaklar için araçların yakıt sarfiyatları, seyahat mesafeleri, kullandıkları teknoloji, vb gibi bilgiler önemlidir
- 3) **Veri Analizi ve Emisyon Tahmini** : Bir önceki aşamada elde edilen ham veriler bu aşamada iyice analizlenerek emisyonların tahmininde kullanılacak bilgilere dönüştürülür ve daha önce ifade edilen metodlardan biri kullanılarak emisyon tahmini yapılır Emisyon tahmini için kullanılan en yaygın method emisyon faktörlerinin kullanılmasıdır Emisyon faktörü üretmek zor bir iş olduğundan genellikle hazır veri tabanlarının kullanılması yoluna gidilmektedir Böyle bir hazır veri tabanı kullanılırken dikkat edilecek husus, bu veri bankasından temin edilen emisyon faktörlerinin güvenilirliğinin ve çalışmanın hazırlandığı bölge karakteristiklerini temsil edip etmediğinin tespit edilmesidir Bu veri tabanının sürekli güncelleştiriliyor olması da aranan diğer bir özellik olmalıdır
- 4) **Raporlama** : Bu aşama, elde edilen sonuçların sunulduğu aşamadır Emisyon faktörleri kullanılarak elde edilen emisyonlar, proje amacında göz önüne alınarak açık, çarpıcı ve detaylı bir şekilde sunulmalıdır

B. Öneriler

Türkiye’de yürütülen emisyon envanteri çalışmalarının en büyük sıkıntısı, veri eksikliği ve dağınıklığıdır İhtiyaç duyulan verilerin Türkiye’deki farklı resmi kuruluşların bünyesinde bulunması ve bunların kurum amaçları doğrultusunda toplanmış olmaları, bu verilere istenildiği anda ulaşılamamasına, ulaşılsa bile genellikle istenilen kalitede bulunamamasına neden olmaktadır Bu yüzden, öncelikle Türkiye’de emisyon envanterlerinin hazırlanmasına yönelik hizmet verecek bir veri bankası (merkezi) kurulmalıdır Bu merkez, bünyesinde gerekli tüm bilgileri standart bir formatta toplamalı, düzenlemeli ve bunları sürekli güncelleştirmelidir Özellikle, her bir kirletici sektörün sahip olduğu bilgi kalitesinin farklılığı dikkate alındığında, her sektör için toplanacak bilgi standardının da değişeceği bu merkez tarafından kesinlikle göz önünden kaçırılmamalıdır

Ulusal ölçekte gerçek bir envanterin eldesi, öncelikle yerel ölçekteki envanterlerin tamamlanması ve birleştirilmesine bağlıdır Bu yüzden, Avrupa’daki emisyon envanterleri ile yarışabilecek gerçek bir ulusal emisyon envanterimiz olsun istiyorsak ülke çapında bir an önce yerel emisyon envanteri hazırlama çalışmalarına başlamalı ve en kısa sürede tamamlamalıyız Sözü edilen yerel çalışmalardan

il düzeyinde gerçekleştirilecek olan çalışmalar kastedilmektedir Şayet her il kendi hudutları dahilindeki çalışmadan sorumlu olur ve istenilen kalitede hazırlarsa Türkiye için eksiksiz bir emisyon envanteri ortaya çıkacağı kesindir

Envanteri hazırlayan kurum veya kişinin dikkat etmesi gereken bir konuda, emisyon envanterlerinin bölgesel hava kalitesi yönetimlerinde kullanılan karar verme mekanizmalarının temel bir girdisi olduğudur Günümüzde, özellikle de Avrupa'da çoğu envanter, hazırlanıp öylece bırakılmamakta bir karar verme sistemine adapte edilmektedir Dolayısıyla ülkemizde de yürütülen veya yürütülecek olan envanter çalışmaları hazırlandıkları bölgeye ait birer karar verme sistemine entegre edilmelidir Envanterler ancak bu şekilde bir değer kazanacaktır İçinde bulunduğumuz şu günlerde İzmir ili için böyle bir çalışma mevcuttur

KAYNAKLAR

- 1) Commission of the European Communities (1991) Results of the Corine Programme, Paris
- 2) Elbir, T (1997) Preparation of Emission Inventories for Use in Determination of Air quality at Different Scales, yüksek lisans tezi, İzmir
- 3) Eureka Environmental Project (EUROTRAC) (1991) Proposal of a Subproject GENEMIS, Stuttgart
- 4) European Environmental Agency (EEA) (1996) Atmospheric Emission Inventory Guidebook, Copenhagen